

Helsinki 5.8.2004

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T

REC'D 10 SEP 2004

WIPO

PCT

Hakija
Applicant

KCI Konecranes Oyj
Hyvinkää

Patentihakemus nro
Patent application no

20031086

Tekemispäivä
Filing date

17.07.2003

Kansainvälinen luokka
International class

B66C

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä nosturin ohjaamiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä
Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,
patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the
description, claims, abstract and drawings originally filed with the
Finnish Patent Office.

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Markkula Tehikoski
Markkula Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001
Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No.
1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and
Registration of Finland.

Menetelmä nosturin ohjaamiseksi

Keksinnön tausta

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin ohjausjärjestelmästä annetaan nosturin käyttölaitteille nopeuspyytöjä ohjaussekvensseinä ja nopeuspyynnöt luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään, jolloin kutakin nopeuspyytöä verrataan edelliseen nopeuspyytöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muuttumisesta riippumatta summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa aikaisempaan nopeuspyytöön uuden nopeuspyynnön aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määritysthetkellä ja loput osat viivästettyä.

Edellä kuvattu menetelmä tunnetaan FI-patentista 89155. Tällä menetelmällä estetään tehokkaasti nosturiin kiinnitetyn taakan epätoivottu, nosturin käyttöä ja toimivuutta häiritsevä heilunta nosturia ohjattaessa ja taakkaa siirrettäessä. Siinä nosturin ohjausjärjestelmän ominaisuuksia parannetaan summaamalla tietyllä tavalla yhteen erilaisia taakan kiihdytyksen jälkeisen heilunnan poistavia ohjaussekvenssejä. Tätä menetelmää käytettäessä voidaan kiihdytyksen tavoitteena olevia loppunopeuksia muuttaa satunnaisesti milloin tahansa, myös varsinaisten nopeudenmuutossekvenssien aikana, jolloin uusi haluttu loppunopeus saavutetaan ilman epätoivottua taakan heiluntaa.

Tyypillisesti tunnetussa tekniikassa taakan heilunnan estävä ohjaus muodostuu kahdesta kiihdytyssekvenssistä, joiden välinen aikaero on puolet taakan heilahdusajasta. Toinen helposti määriteltävä ohjaus on käyttää kolmea samansuuruista, mutta suunnaltaan vaihtelevaa kiihdytyssekvenssiä, joista ensimmäinen on positiivinen, toinen negatiivinen ja kolmas taas positiivinen, siten että sekvenssien suorituksen välinen aika on kuudesosa taakan heilahdusajasta. FI-patentin 89155 mukaisessa menetelmässä nämä itsessään taakan heilunnan estävät ohjaussekvenssit voivat olla erilaisia ja niitä voidaan määrittää rajaton määärä. Oleellista on, että kun niiden määräämät kiihdytykset summataan yhteen, saadaan tuloksena ohjaus, joka estää heilunnan synnyn. Kun kiihdytysten summa valitaan niin, että se toteuttaa halutun nopeudenmuu-

toksen, saadaan tuloksena ohjaus, joka tuottaa nosturin halutun loppunopeuden ilman taakan heiluntaa.

US-patentissa 5 526 946 esitetään samasta aiheesta sovellus, jossa aina nopeuden ohjearvon muuttuessa suoritetaan siitä puolet, ja toinen puoli 5 talletetaan taulukkoon, jossa sen suoritusta viivästetään puolet taakan heilahdusajasta. Tämä FI-patentin 89155 mukaisen menetelmän eräs tietokonelas-kennassa edullinen sovellusmuoto.

Menetelmät, jotka estävät nosturin taakan loppuheilunnan muokkaamalla kiihdytys- ja hidastusramppeja, aiheuttavat ongelmia nosturin pysäh-tymismatkan arvioinnissa. Kun nosturia kiihdytetään, on vaikea arvioida, minne 10 se tulee pysähtymään kunakin ajanhetkenä, mikäli nopeusohje asetetaan nol-laksi. Tämä vaikeuttaa toiminnan ohjelmointia taakan automaattisessa paikoi-tuksessa sekä toimittaessa lähellä nosturin sallitun liikealueen rajoja.

Lisäksi kun nosturin taakan nostokorkeutta muutetaan, muuttuu sa-15 malla taakan heilahdusaika ja myös matka, jonka nosturi liikkuu ennen pysäh-tymistää. Kun nosturia ollaan kiihdyttämässä ja suuri osa nosturin nopeuden ohjauksesta on talletettuna taulukoihin ja tulee suoritettavaksi viivästettynä, nosturin pysähtymismatka on vaikea arvioida. Erityisen ongelmallista tämä on 20 silloin, kun taakan heilurivarsi on pitkä, esimerkiksi useita kymmeniä metrejä, ja taakkaa siirrellään kapeassa ja syvässä tilassa.

Keksinnön yhteenveto

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on näiden epäkohtien pois-taminen aikaansaamalla menetelmä, jolla nosturin vaatima pysähtymismatka saadaan lasketuki mahdollisimman tarkasti.

25 Asetettuun tavoitteeseen päästäään keksinnön mukaisella menetel-mällä, jolle on tunnusomaista, että kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan heiluntaa saadaan laskemalla yhteen seuraavat laskentatulokset:

30 a) pysäytysmatka laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päätyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusrampbia

35 b) kohdan a) tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka, jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta

c) matka, joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritusajoista.

Edullisesti talletukset suoritetaan kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon talletetaan kulloinkin se nopeudenmuutos, joka tulee 5 tietyn heilahdusajan kuluttua suoritettavaksi, ja toiseen alkioon talletetaan se aikamäärä, jonka kuluttua ensimmäisen alkion nopeudenmuutos tai - muutokset suoritetaan.

Hidastusramppina voi olla mikä tahansa ennalta määritetty ramppi, esimerkiksi lineaarinen tai S-käyrän mukainen ramppi.

10 Keksintö perustuu siihen, että kuljettu matka on nopeus integroituna aikaan. Piirrettäessä nopeuskuvaaja voidaan kokonaisnopeuden laskentaan käytetty osat määrittää erikseen ja laskea niiden integraali ajan suhteen.

15 Keksinnön mukaisen menetelmän huomattavana etuna on se, että nosturin sallitut liikerajat voidaan käyttää nyt täysin hyväksi ja kiihdyttää tai jarruttaa aina toivotulla tavalla ilman että tarvitsee pelätä taakan osumista heilahduksen seurauksena esimerkiksi bunkkerimaisen tilan seinämiin, sillä eksintö antaa mahdollisuuden laskea kulloisellakin ajanhetkellä nosturin vaatiman pysähtymismatkan ilman taakan heiluntaa hyvin suurella tarkkuudella.

Kuvialuettelo

20 Keksintöä selostetaan nyt lähemmin viitaten oheisiin piirroksiin, joissa
 kuvio 1 esittää erästä nosturia kaavamaisesti;
 kuvio 2 esittää ohjaussekvenssinä toimivaa nopeussekvenssiä;
 kuvio 3 esittää nosturin ohjauksen vuokaaviota; ja
 25 kuvio 4 esittää eksinnön mukaista nosturin pysähtymismatkan laskentaa graafisesti.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

30 Keksinnön mukaista menetelmää havainnollistetaan tässä kuvion 1 esittämän yksinkertaisen siltanosturin 1 yhteydessä, vaikka kyseessä voi olla mikä tahansa muu nosturi, jossa nostettava taakka pääsee heilahtelemaan.

Kuvion 1 mukaisen siltanosturin 1 nostovaunu 2 on sovitettu liikuteltavaksi siltapalkkia 3 pitkin, joka puolestaan on siirrettävissä siltapalkin 3 päätyihin järjestettyjä päätypalkkeja 4 ja 5 pitkin kohtisuorasti nostovaunun 2 liikkeen suhteen. Nostovaunuun 2 on ripustettu nostoköysi 6, jonka päässä sijaitsee nostoelin 7, tässä tapauksessa nostokoukku. Nostokoukkuun 7 on sitten

nostoliinojen 7a avulla kiinnitetty nostettava taakka 8. Jokaista taakan 8 vaihtelevaa nostokorkeutta l_i ($i = 1, 2, \dots$) vastaa kullekin nostokorkeudelle l_i ominainen heilahdusaika T , jolloin taakan 8 heilahdusaika saadaan kaavasta:

5 $T = 2\pi (l_i/g)^{1/2}$, missä g = maan vetovoiman kiihtyvyys.

Nosturia 1 ohjataan nosturin ohjausjärjestelmästä 9 erilaisilla ohjaussekvensseillä 10, joista eräs yksinkertainen esimerkki on esitetty kuviossa 2. Kuviossa 2 esiintyvä ohjaussekvenssi 10 on nopeusvektori $v(t)$, joka on esitetty 10 ajan t funktiona. Ohjaussekvenssi 10 kohdistetaan ohjaamaan nostovaunun 2 käyttölaitetta 11 tai nostovaunua 2 kannattavan siltapalkin 3 käyttölaitetta 12. Käyttölaitteina ovat tyypillisesti sähkömoottorikäytöt taajuusmuuttajineen.

Kuviossa 3 on esitetty vuokaavio, joka kuvaa keksinnön lähtökohtana olevaa menetelmää nosturin ohjaamiseksi. Nosturin 1 käyttäjä antaa ohjausjärjestelmästä 9 nosturin 1 käyttölaitteille 11, 12 nopeuspyyntöjä V_{ref} ohjaussekvensseinä 10. Nopeuspyynnöt V_{ref} luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään 9, minkä jälkeen kutakin nopeuspyyntöä V_{ref} verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön V_{ref} ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi (joko + tai -merkkinen) vastaavalle nopeuden muutokseen, minkä jälkeen nopeuspyynnön V_{ref} muuttumisesta riippumatta summaataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa dV aikaisempaan nopeuspyyntöön V_{ref} uuden nopeuspyynnön V_{ref2} aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin 25 käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi V_{ref2} . Summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määritysteknologian mukaisesti ja loput osat viivästettynä. Tätä edellä kuvattua menetelmää on selostettu tarkemmin FI-patentissa 89155, joten sen yksityiskohtia, kuten sinänsä tunnettua nopeus- tai kiihdytyssekvenssien summaamista ei ryhdytä sen tarkemmin selostamaan, vaan viitataan mm. edellä 30 mainittuun patenttiin.

Keksinnön mukaisen, nosturin 1 pysähtymismatkan laskentaan käytettävän menetelmän kuvaamiseen käytetään nyt esimerkinä tapausta, jossa nosturin 1 ohjaus muodostetaan siten, että kullakin nosturin 1 ohjauksen säättövälillä (kuvion 3 mukainen jakso) muodostetaan nopeussekvenssi $v(t)$, joka 35 itsenäisenä toteuttaa sarjan nopeudenmuutoksia, joista kokin voidaan suorittaa yhden säättövälin aikana, ja käytetty sekvenssi muodostuu kahdesta kiihdytys-

pulssista, joiden välinen aika on puolet taakan 8 heilahdusajasta T . Tällainen sekvenssi on yleisesti tunnettu. Sekvenssistä suoritetaan sen muodostamisen hetkellä ensimmäinen osa, ja toinen osa talletetaan suoritustaulukkoon (ei esitetty piirustuksissa) esimerkiksi kahtena lukuna, joista ensimmäinen kuvaaa ai-
5 kaa, jonka kuluttua viivästetty sekvenssi suoritetaan, ja toinen kuvaaa viiväste-
tyn sekvenssin osan suuruutta.

Aika, jonka kuluttua umpeen muutokset suoritetaan, kuvataan luku-
na, määritellään siten, että esimerkiksi T_{SP} kuvaaa taakan 8 täyttä heilahdusjak-
soa. Aina kun taulukon alkiota käsitellään, lasketaan kulunutta aikaa kuvaava
10 luku T_{step} , joka saadaan kaavasta:

$$T_{step} = D/T * T_{SP},$$

missä D = säätöväli (näytöväli), ja

15 T = edellä esitetty taakan 8 heilahdusaika

Kun uusi sekvenssi talletetaan taulukkoon, nollataan kulunutta aikaa
 T_{step} kuvaava taulukon osa. Aina taulukoiden läpikäynnin yhteydessä kulunutta
aikaa T_{step} kuvaavan taulukon riviin lisätään edellä olevalla kaavalla laskettu
20 luku, joka kuvaaa säätövälin D aikana kulunutta osaa kokonaisesta taakan 8
heilahdusajasta T . Kun alkion arvo kasvaa lukuun, joka on se osa kokonaisesta
heilahdusjaksosta T_{SP} , jolla talletettua nopeuden muutosta on haluttu viiväs-
tää, suoritetaan tämä nopeuden ohjaus ja nollataan nämä taulukon alkiot.

Näin edellä kuvatuissa taulukoissa on tiedossa talletettujen nopeu-
25 den muutosten suuruus ja kesto. Kesto saadaan skaalattua kullekin taakan 8
nostokorkeudelle (eli heilahdusajalle T) jakamalla ennen suoritusajaa jäljellä
oleva aika luvulla T_{SP} ja kertomalla nykyisellä heilahdusajalla. Sisäisestä tavoit-
tenopeudesta voidaan laskea matka s_1 , jonka nosturi 1 kulki ennen pysähty-
mistään. Jos käytössä on lineaarinen hidastusramppi, tämä matka saadaan
30 kaavasta:

$$s_1 = v * t_{dec}/2, \text{ missä } v = \text{nopeus ja } t_{dec} = \text{hidastusaika}$$

Jos käytetään kahden pulssin ohjausta, on heilahduksen vaimen-
nuksen aiheuttama lisämatka s_2 laskettavissa kaavalla:

35

$$s_2 = v * 2 * T/2,$$

koska ohjaus suoritetaan kahdessa osassa, joista jälkimmäistä viivästetään puolet heilahdusajasta T.

5 Taulukkoihin talletetuista nopeuden muutoksista saadaan lisäksi matka

$s_3 = \sum(jäljellä\ oleva\ aika\ ennen\ suoritusta * suoritettava\ nopeudenmuutos).$

10 Kokonaismatka s, jonka kuluttua nosturi 1 pysähtyy, saadaan laskemalla yhteen kaikki edellä lasketut matkat eli:

$$s = s_1 + s_2 + s_3.$$

15 Nosturin 1 kulkemaa, ennen pysähtymistään kulkemaa matkaa on esitetty graafisesti kuviossa 4.

Edellä kiihtyvyydestä puhuttaessa tulee kiihtyvyys ymmärtää sekä positiivisen että negatiivisen etumerkin sisältävänä, toisin sanoen sekä sananmukaisena kiihtyvyytenä ja sille vastakkaisuuntaisena jarrutusvaikutukse na.

20 Vaikka edellä kuvattu menetelmä kuvaakin hyvin nosturin ennen pysähtymistään kulkemaa matkaa, on sen tulosta usein käytännössä korjattava, koska nosturin siirtomoottoreiden nopeus ei täysin seuraa ideaalista nopeusohjausta, laskennassa aiheutuu viiveitä, ja nosturin paikan laskennassa, jonka perusteella paikotus yleensä tehdään, esiintyy myös viivettä. Lisäksi taakkaa 25 saatetaan nostaa tai laskea hidastuksen aikana. Näitä tekijöitä on käytännön sovelluksissa kompensoitava erilaisin nosturin nopeudesta, taakan nopeudesta ja heilahdusajasta laskettavien korjauksin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin (1) ohjausjärjestelmästä (9) annetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) nopeuspyyntöjä ohjaussekvensseinä (10) ja nopeuspyynnöt (V_{ref}) luetaan ja tallennetaan ohjausjärjestelmään, jolloin

kutakin nopeuspyyntöä (V_{ref}) verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyskvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muutumisesta riippumatta

10 summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa (dV) aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön (V_{ref2}) aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynöksi, ja jolloin

15 summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määritysteknologialla ja loput osat viivästetynä,

20 tunneettu siitä, että kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka (s) ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan (8) heiluntaa saadaan laskemalla yhteen seuraavat laskentatulokset:

a) pysäytysmatka (s_1) laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päättyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusramppia

25 b) kohdan a) tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan (8) heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka (s_2), jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta

30 c) matka (s_3), joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritusajoista.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että talletukset suoritetaan kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon talletetaan kulloinkin se nopeudenmuutos, joka tulee tietyn heilahdusajan kuluttua suoritettavaksi, ja toiseen alkioon talletetaan se aikamäärä, jonka kuluttua ensimmäisen alkion nopeudenmuutos tai -muutokset suoritetaan.

(57) Tilivistelmä

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä kullakin hetkellä nosturin liikkuma matka (s) ennen sen pysähtymistä ja ilman siihen kiinnitetyn taakan heiluntaa saadaan laskemalla yhteen pysäytysmatka (s_1) laskettuna sisäisestä tavoitenopeudesta eli siitä nopeudesta, johon tämän toteuttavan algoritmin ohjaus päätyy, kun talletetut nopeusmuutokset on kokonaan toteutettu, käyttäen valittua hidastusramppia; tavoitenopeudesta hidastettaessa, taakan heilunnan estosta aiheutuvasta ja hidastusrampista poikkeavasta nopeusohjauksen osasta laskettu matka (s_2), jonka nosturi kulkee vaimennettaessa tällä poikkeavalla nopeusohjauksella varsinaisen hidastusrampin aiheuttama taakan heilunta; sekä matka (s_3), joka lasketaan ennen pysähtymispäätöstä suoritettavaksi talletetuista nopeudenmuutoksista ja jäljellä olevista suoritusajoista.

(Kuvio 4)

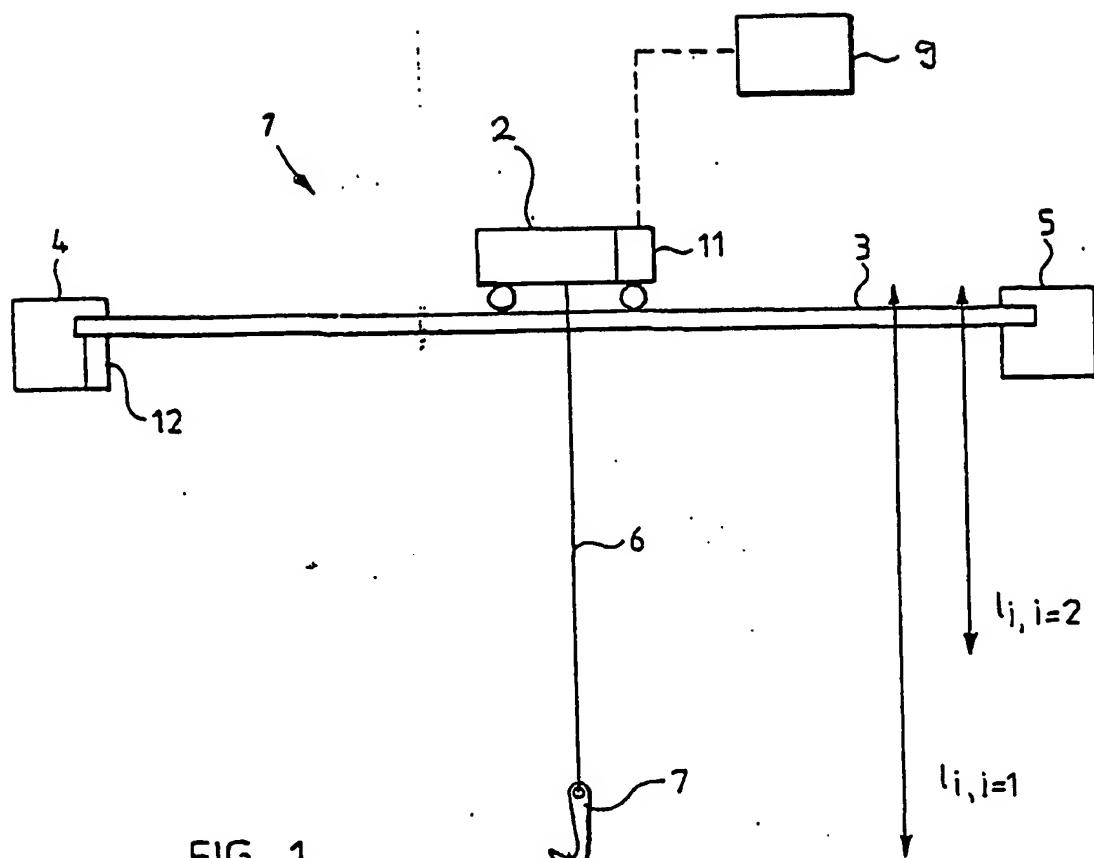


FIG. 1

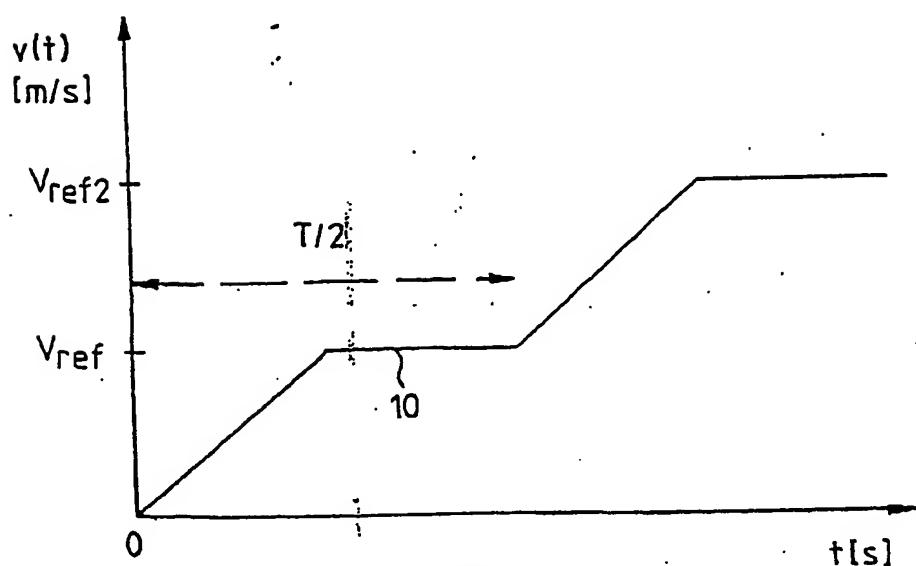
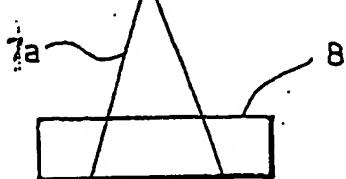


FIG. 2

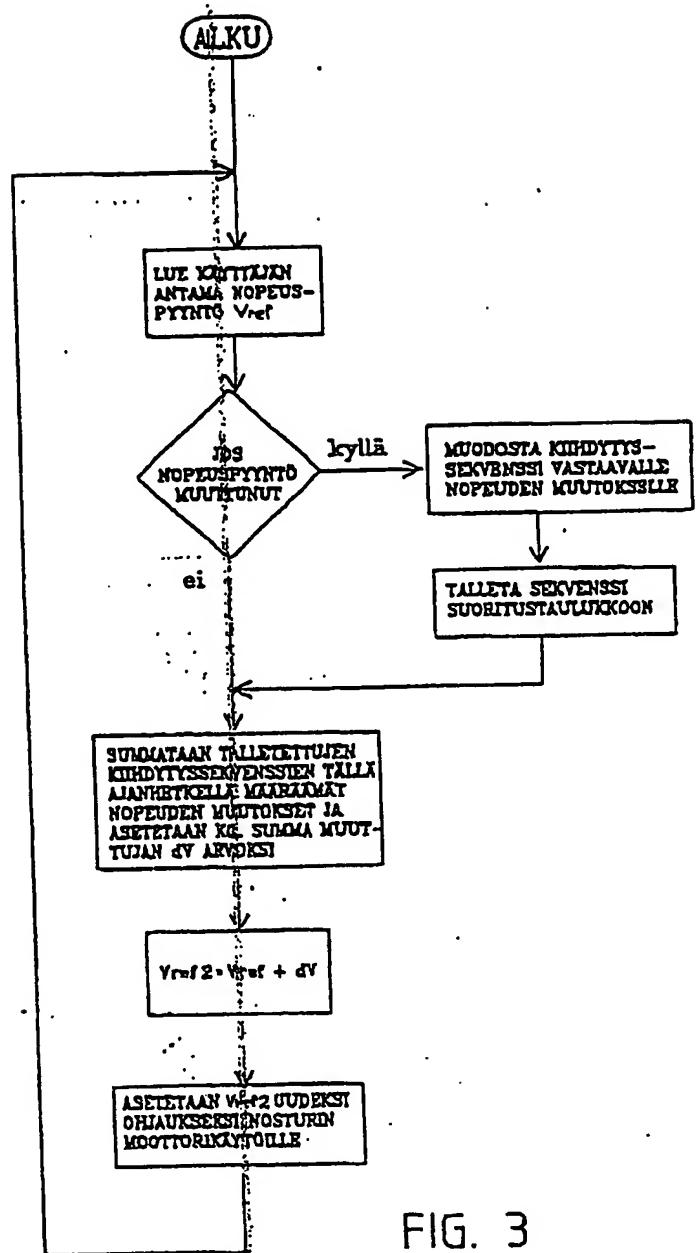


FIG. 3

3

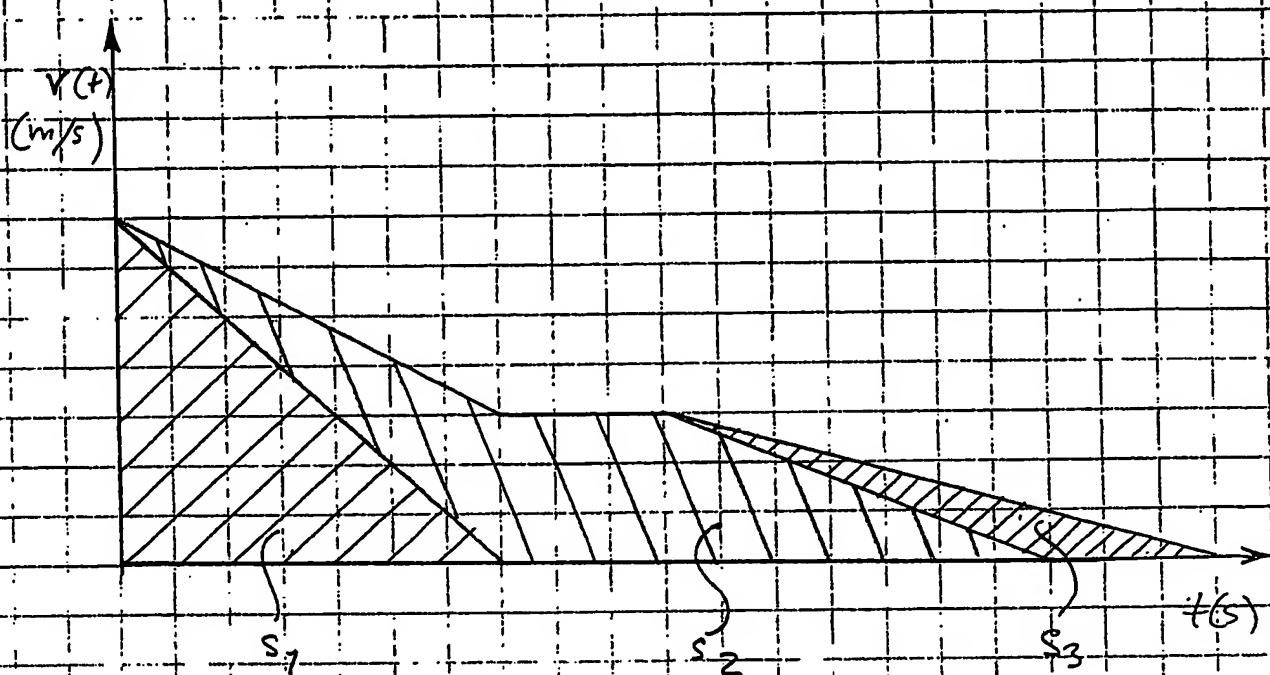


FIG. 27